

SEDIMENTOLOGIA DE LAS UNIDADES CARBONATICAS
DEL TRIASICO EN EL SECTOR
MOLINA DE ARAGON-ALBARRACIN

POR

M. PÉREZ ARLUCEA *

RESUMEN

El Muschelkalk del sector Molina de Aragón-Albarracín comprende cinco unidades litoestratigráficas bien diferenciadas, que se distribuyen en dos barras de litología carbonática, separadas por un tramo terrígeno-evaporítico. Estos grandes tramos se disponen en «onlap», presentando una mayor extensión areal, las unidades superiores respecto de las inferiores. El límite de la primera barra carbonática se encuentra dentro de la zona estudiada. Sin embargo el tramo lutítico-evaporítico y la barra superior ocupan toda esta región, acuñándose más al O.

El estudio sedimentológico se ha realizado en las unidades carbonáticas del Muschelkalk, de las cuales, una corresponde a la barra carbonática inferior («Dolomías y Margas de Albarracín») y dos a la barra superior («Dolomías de Tramacastilla» y «Dolomías, Margas y Calizas de Royuela»).

Las «Dolomías y Margas de Albarracín» presentan un predominio de las facies de «lagoon» o plataforma interna carbonática con influencia terrígena en la parte inferior. La parte superior y la zona de borde, donde la unidad está muy reducida de espesor, está compuesta, sin embargo, por facies de llanura mareal. Las facies intermareales altas y/o supramareales están compuestas por facies terrígenas con evaporitas, brechas dolomíticas de colapso y dolomías con «tepees», que indican en conjunto, un medio de sabkha costera.

* Departamento de Estratigrafía, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense, Madrid.

Las «Dolomías de Tramacastilla» se interpretan como depósitos de «lagoon» carbonatado protegido hacia la parte externa por cuerpos calcareníticos y limitado hacia el continente por llanuras de marea. Las facies calcareníticas, que se encuentran en el techo de esta unidad, representan el máximo transgresivo dentro del Muschelkalk.

Las «Dolomías, Margas y Calizas de Royuela» tienen una tendencia general regresiva, y presentan una mayor influencia terrígena que la unidad anterior. La distribución de los diferentes medios sedimentarios dentro del área estudiada parece indicar un cambio en las principales directrices paleogeográficas con respecto a las «Dolomías de Tramacastilla».

ABSTRACT

Muschelkalk from the Molina de Aragón-Albarracín area consists of five well differentiated lithostratigraphic units, that are distributed in two thick carbonatic levels, separated by another level of clastic and evaporitic materials. These levels lay in «onlap», the upper units having a greater surface extension with respect to the lower ones.

The end of the first carbonatic level lies within the area that has been studied. However, the clastic-evaporitic and the upper carbonatic levels lie completely within the area, ending further to the west.

The sedimentological study has been carried out in the carbonatic units of Muschelkalk, one of which corresponds to the lower carbonatic beds («Dolomías y Margas de Albarracín») and the other two to the upper level («Dolomías de Tramacastilla» and «Dolomías, Margas y Calizas de Royuela»).

The most dominant facies of the «Dolomías y Margas de Albarracín» unit is the lagoon or inner carbonatic platform with a clastic influence in the lower part. The upper part at the basin edge, where the unit is reduced in thickness, is composed of tidal flat facies. The intertidal and/or supratidal facies are composed of clastic-evaporite facies with collapse dolomitic breccia and dolomitic beds showing tepee structures, that show together, a coastal «sabkha» environment.

The «Dolomías de Tramacastilla» are interpreted as carbonatic lagoon deposits protected to the exterior part by calcarenitic shoals and limited to the continent by tidal flats. Calcarenitic facies, that are found at the top of this unit, represent the maximum transgressive sediments in the Muschelkalk.

The «Dolomías, Calizas y Margas de Royuela» unit has a general regressive tendency and shows a greater clastic influence than the previous one. Study of the distribution of the different sedimentary environments seems to show a change in the main palaeogeographical directions in respect to the «Dolomías de Tramacastilla».

INTRODUCCION

El sector Molina de Aragón-Albarracín se encuentra en la zona central de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (Provincias de Guadalajara y Teruel, fig. 1).

La sedimentación del Triásico comienza, dentro de esta zona, con los depósitos detríticos, terrígenos, del Buntsandstein. Estos depósitos, de tipo continental, están irregularmente desarrollados dentro de esta zona de acuerdo con una estructura de la cuenca en «horsts» y «grabens» (PEREZ ARLUCEA y SOPEÑA, 1985; PEREZ ARLUCEA y SOPEÑA, in litt.). El espesor de este conjunto detrítico varía entre cerca de 50 m. y más de 800 m. Por encima aparecen los sedimentos carbo-



FIG. 1.—*Situación geográfica.*
Geografic situation.

náticos del Muschelkalk en los que se pueden separar cinco unidades litoestratigráficas. La primera de ellas, denominada «Dolomías y Margas de Albarracín» (PEREZ ARLUCEA y SOPEÑA, 1985) forman una barra carbonática en la base de este conjunto que alcanza sólo 40 m. en esta zona. Esta unidad se acuña, hasta desaparecer, dentro del sector estudiado. Por encima, aparecen unos sedimentos terrígenos y salinos que corresponden a dos unidades: «Limos y Areniscas abigarrados de Torete» y «Lutitas y Yesos de Tramacastilla». La primera de ellas es heterolítica, pero presenta un predominio de los sedimentos terrígenos. La segunda tiene un carácter mucho más evaporítico. Este cambio de facies se produce en el borde sudoriental del Umbral del Tremedal (PEREZ ARLUCEA y SOPEÑA, 1985) y probablemente se deba a un cambio en el estilo sedimentario relacionado con una variación en el grado y modo de subsidencia, que debía ser más acusada en el S.

Por encima de este tramo terrígeno y evaporítico se encuentra otra barra carbonática, mucho más potente que la primera (60-130 m.). En ésta se pueden separar dos unidades: las «Dolomías de Tramacastilla» y las «Dolomías, Margas y Calizas de Royuela», que equivalen a las Capas Dolomíticas y a las Capas de Royuela de HINKELBEIN (1965), respectivamente.

El contacto con el Keuper no se observa claramente salvo de forma local. En la parte N (Rillo de Gallo) el tránsito es bastante gradual, aunque rápido.

La sedimentación carbonática, de tipo marino, que representan las facies de Muschelkalk, comienza en el Anisiense superior, muy probablemente, ya que, las Dolomías y Margas de Albarracín contienen asociaciones palinológicas de esta edad en varios puntos. El tramo terrígeno intermedio, también puede datarse gracias a su contenido en palinomorfos del Anisiense-Ladiniense, que se han encontrado tanto en las «Lutitas y Yesos de Tramacastilla» como en los «Limos y Areniscas abigarrados de Torete». Por último, en las «Dolomías, Margas y Calizas de Royuela» aparecen asociaciones palinológicas del Ladi-niense-Karniense. Las primeras asociaciones de edad claramente Karniense se encuentran en el Keuper.

ANÁLISIS DE FACIES DOLOMIAS Y MARGAS DE ALBARRACIN

Está compuesta por facies carbonáticas, de composición dolomítica; facies mixtas terrígeno-carbonáticas y facies terrígenas, arenosas y lutíticas (fig. 2).

FACIES			DESCRIPCION	COLOR	BIOTURBACION	COMPONENTES DEPOSICIONALES	MINERALES ANTIGEN.	INTERPRETACION AMBIENTAL
DOLOMITICAS	D.n.b.		Dolomías nodulosas	gris oscuro			▲	SUBMAREAL (LAGOON)
	D.pg.ec		Dolomías con "ripples" de oscilación o corriente	ocre o gris		-	▲	INTERMAREAL- SUBMAREAL SOMERO
	D.ol.		Dolomías con lamina- ción de algas. Brechas en el techo	ocre oscuro	-		-	INTERMAREAL SUPRAMAREAL
	D.tp.		Dolomías con estruc- tura "tepee"	ocre o gris	-	-		INTERMAREAL ALTO- SUPRAMAREAL
	DB.ep		Dolomías con grietas de desecación y bre- chas de cantos planos	blanco ocre	-			INTERMAREAL ALTO- SUPRAMAREAL
	B.dc.		Brechas dolomíticas	ocre o rojo	-	-		SUPRAMAREAL (SABKHA)
MIXTAS	DM.nb.		Dolomías con estrati- ficación nodular	gris o verde			-	SUBMAREAL (LAGOON)
	M.fm.		Margas y margas dolo- míticas. Grietas de desecación	verde o gris	-	-	-	INTERMAREAL
TERRIGENAS	L.ym.		Lutitas yesíferas	maron verde o negro	-			SUPRAMAREAL (SABKHA)
	A.ec.		Areniscas finas o me- dias con estratifica- ción cruzada	ocre oscuro				INTERMAREAL BAJO- SUBMAREAL SOMERO

FIG. 2.—Principales facies de las «Dolomías y Margas de Albarracín».
Main Facies of the Albarracín Dolomites and Marls.

1. Dn. b.: Dolomías grises oscuras de grano fino con estratificación lajoso-nodular. Frecuentemente se encuentran bioturbadas, aunque no muy intensamente. Se pueden apreciar tubos horizontales rectos o en forma de «U» y *Rhizocorallium* lo que indica un ambiente de tipo submareal somero (FREEMAN, 1972; GAZDZLICKI y TRAMER, 1978) quizá, de tipo lagoon protegido (BAUD, 1976; CHAMBERLAIN, 1978). La textura observada suele ser de tipo «wackestone» o «wackestone-packstone». Los componentes deposicionales más frecuentes son los bivalvos, gasterópodos, peloides, pellets, intraclastos, placas de equinodermos y algunos foraminíferos. La fauna se encuentra generalmente entera. Son relativamente frecuentes las conchas con relleno interno, a veces de micritas peletoidales.

2. D.pg.ec.: Dolomías de grano fino, ocreas o grises con textura calcarenítica. Se encuentra en niveles de hasta 1 m. con estratificación cruzada de gran escala. Frecuentemente también se observan «ripples» de oscilación y de corriente. De forma local pueden estar bioturbadas en el techo. Ocasionalmente se pueden apreciar moldes de evaporitas. Estas facies son características de ambientes con salinidad fluctuante en zonas submareales someras o intermareales (JAMES, 1979).

3. D.al.: Dolomías ocreas, oscuras, de grano fino, con laminación de algas, planas o ligeramente corrugadas. Se encuentran en niveles menores a 20 cm. Se interpretan como colonias laminares de algas cianofíceas en zonas intermareales (JAMES, 1979; HAAS y DOBOSI, 1982).

4. D.tp.: Dolomías ocreas o verdes de grano fino con estructura «tepee». Se encuentran en niveles de 16 a 60 cm, asociados a brechas dolomíticas. Frecuentemente contienen cuarzo idiomorfo negro con inclusiones de sales (posiblemente anhidrita). Los «tepees» tienen una altura de 3 a 15 cm. Según ASSERETO y KENDALL (1971) se forman por desecaciones penecontemporáneas y expansión debida a la fuerza de cristalización de materiales carbonatados. Se producen en la zona supramareal e intermareal alta (ASSERETO y KENDALL, 1977).

5. D.B.cp.: Dolomías blancas, ocreas o rojas con abundantes grietas de desecación y brechas de cantos planos de dolomías, margas o lutitas. Se encuentran en niveles de 5-10 cm. Según JAMES (1979) se forman a partir de polígonos de desecación en material endurecido, en zonas supramareales, aunque los cantos lutíticos («mud chips») se forman preferentemente en zonas intermareales altas (JAMES, 1979) o, para otros autores, en medios intermareales o incluso submareales muy someros (HECKEL, 1972).

6. B.dc.: Brechas dolomíticas de color ocre oscuro o rojo. Es frecuente la presencia de cuarzo autigénico, de color negro, con inclusiones de evaporitas. Se interpretan como brechas de colapso formadas por la disolución de evaporitas interlaminadas con carbonatos (KENDALL, 1969). Son características de zonas supramareales o intermareales altas, de ambientes áridos con alta evaporación, con llegadas temporales de agua dulce que provocarían el lavado de las evaporitas (JAMES, 1979).

7. DM.n.b.: Dolomías arcillosas y margas dolomíticas verdes o grises con estratificación lajoso-nodular. Presentan una bioturbación de escasa a abundante, siendo frecuente que aumente hacia el techo de los bancos. Generalmente es horizontal, en tubos rectos o en «U». El contenido en fauna es escaso, consiste en pequeños pelecípodos y braquiópodos de la especie *Lingula tenuissima* BRONN. A veces contienen restos vegetales macerados. Frecuentemente pasan gradualmente a facies D.nb. por una disminución progresiva en el contenido de terrígenos. Se encuentran en niveles de pocos centímetros a 6 m.

8. M.lm.: Margas masivas o laminadas, a veces algo dolomíticas, de color ocre verde o gris. Aparecen en niveles de espesor variable (algunos centímetros a 5 m.). Es frecuente el paso gradual de estas facies a las anteriores (DM.n.b.), por un aumento en el contenido en carbonatos y en la bioturbación. A veces presentan grietas de desecación y cantos planos. Probablemente se trate de facies intermareales bajas.

9. L.Y.m.: Lutitas dolomíticas yesíferas (hasta un 40% de carbonatos) de color marrón oscuro, verde u ocre, con niveles de yesos negros. Se encuentran en niveles de pocos centímetros a unos 2 m. Son muy frecuentes las costras ferruginosas y los óxidos de hierro impregnando gran parte del tramo. Son característicos de la zona de borde de la unidad (junto al Umbral del Tremedal), y en el techo de la misma, asociadas a facies D.tp. y B.dc. Estas facies son de tipo continental-supramareal con influencia evaporítica, quizá de tipo sabkha.

10. A.ec.: Areniscas ocreas oscuras o amarillas de grano fino, a veces medio-grueso, en niveles de algunos centímetros a casi 4 m. Presentan cemento carbonatado y algunos intraclastos. La fracción terrígena está compuesta por cuarzo y feldespatos. Los únicos fósiles que se encuentran son restos vegetales. La estructura interna es, o masiva, con una bioturbación muy intensa, o estratificación cruzada de gran escala, en «sets» de hasta 40 cm. La bioturbación suele ser muy abundante en las junturas de los estratos y en la base, sobre todo

horizontal. Se aprecian tubos ramificados y rectos. Quizá correspondan en parte a crustáceos. Algunos niveles tienen glauconita o cuarzo idiomorfo negro. En conjunto, pensamos que pueden ser equivalentes a las facies descritas por SALLER y DICKINSON (1982), correspondientes a zonas intermareales bajas y submareales someras.

ASOCIACIONES DE FACIES Y SECUENCIAS CARACTERISTICAS

En las Dolomías y Margas de Albarracín se pueden diferenciar dos asociaciones de facies. La primera de ellas está compuesta por facies Dolomíticas y mixtas, casi en su totalidad, aunque localmente se pueden encontrar, en ella, facies terrígenas de litología arenosa. Se encuentra en la parte inferior y media de la unidad en las áreas donde presenta mayor espesor. La segunda asociación de facies está compuesta por facies carbonáticas características de llanuras mareales y facies terrígenas continentales y se encuentra en el techo y área de borde de la unidad.

ASOCIACION M.C.

Como ya hemos dicho anteriormente esta asociación, que se encuentra en gran parte de la unidad, sobre todo donde ésta está más desarrollada, se compone fundamentalmente de facies carbonáticas, de litología dolomítica y facies mixtas terrígeno-carbonatadas. Una de las secuencias características, que se observa dentro de esta asociación, son las secuencias de profundización, que comienzan por facies de llanura mareal, pasan a facies mixtas submareales someras y por último a facies carbonáticas, también de tipo submareal, por una pérdida gradual del contenido en terrígenos. Generalmente se observa además un aumento en el grado de bioturbación hacia el techo (fig. 3).

Estas secuencias son de tipo:

MC.1: B.dc.(L.Ym) — D.tp. — M.Lm. — DM.n.b. — D.nb. — (D.pg.ec.)

Otro tipo de secuencia que se puede encontrar dentro de esta asociación de facies, es la representada en la figura 3 (MC.2). Se trata de secuencias de somerización de tipo:

MC.2: M.lm. — DM.bn — A.ec. — D.nb. — M.Lm.
D.pg.ec.

En estas secuencias se pasa de facies margosas (M.lm) y dolomíticas (D.n.b.) de zonas protegidas, de «lagoon» a facies terrígenas, grue-

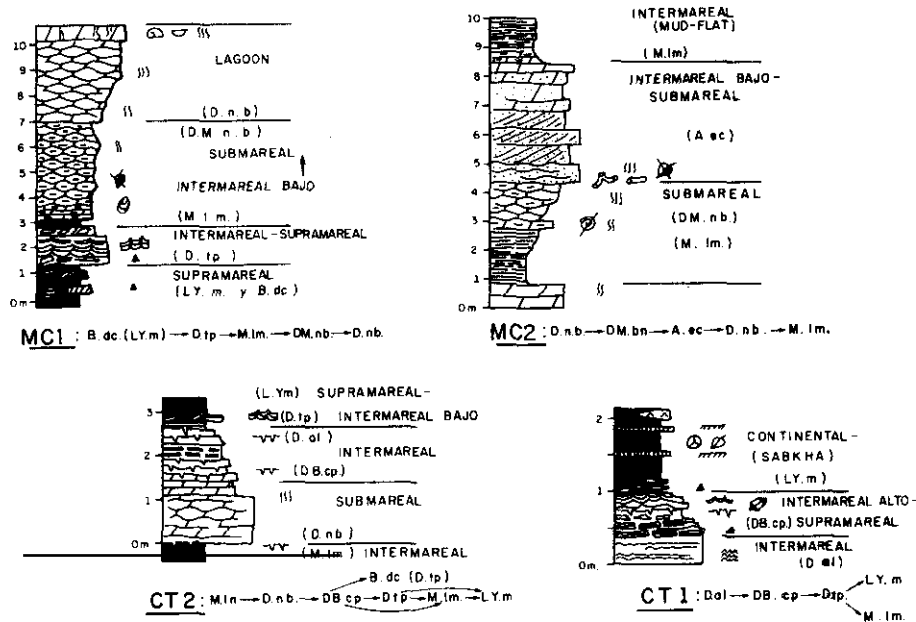


FIG. 3.—Principales secuencias de la unidad «Dolomías y Margas de Albarracín». Main sequences of the Albarracín Dolomites and Marls Unit.

sas con estratificación cruzada de gran y pequeña escala. Estas facies, que reflejan una sedimentación en aguas agitadas, podría corresponder a bajíos no muy desarrollados, situados en la parte externa. Sobre estas facies aparecen, por último, sedimentos de llanura mareal, con facies margosas.

Estas secuencias aparecen preferentemente hacia el O, en las zonas próximas al Umbral del Tremedal (fig. 4). Tanto la fracción terrígena de los niveles margosos, como las facies arenosas podrían corresponder a aportes del continente. La fracción gruesa se distribuiría en zonas submareales someras, agitadas, mientras que la fracción fina, que aparece mezclada con material carbonatado, se depositaría en las zonas protegidas, ligeramente más profundas, del «lagoon».

ASOCIACION CT

Es una asociación de facies carbonáticas (dolomíticas) y terrígenas, de composición lutítica. Son características de la parte superior y área de borde de la unidad. Las secuencias típicas dentro de esta asociación, compuesta fundamentalmente por facies de llanura mareal, son

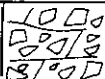
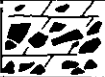


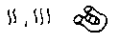
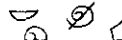
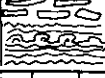



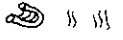
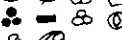




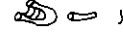



FACIES		DESCRIPCION	COLOR	BIOTURBACION	TEX- TURA	COMPONENTES DEPOSICIONALES	MINERALES AUTIGENI- COS	INTERPRETACION AMBIENTAL
DOLOMITICAS	B. dc.		Brechas dolomíticas (COLAPSO)	blanco	-	-	-	SUPRAMAREAL
	B. cn.		Brechas de cantos negros	gris	-	-	-	INTERMAREAL-SUPRAMAREAL
	D. tp.		Dolomías con estructura "tepee"	ocre	-	-	-	INTERMAREAL ALTO-SUPRAMAREAL
	D. n. b.		Dolomías nodulosas	gris oscuro		-		SUBMAREAL (LAGOON)
	D. al.		Dolomías con algas. Brechas de cantos planos.	blanco	-			INTERMAREAL ALTO-SUPRAMAREAL
CALIZAS	C. p.		Calizas masivas o con "ripples"	negro		P		SUBMAREAL (LAGOON)
	C. wp.		Calizas masivas	negro		W P		SUBMAREAL (LAGOON)
MIXTAS	D. Mn. b.		Dolomías arcillosas	verde o gris		-		SUBMAREAL (LAGOON)
	M. D.		Margas laminadas o masivas	verde ocre	-		-	SUBMAREAL (LAGOON CON INFLUENCIA TERRIGENA)

FIG. 4.—Distribución de los diferentes ambientes sedimentarios de la unidad «Dolomías y Margas de Albarracín» desde el borde del Macizo del Tremedal hasta el S de la Sierra Gea.

Distribution of sedimentary environments of the Albarracín Dolomites and Marls from the Tremedal Massif to the S border of Sierra Gea.

las secuencias de somerización, que presentan un espesor de hasta 2-3 m. Se pueden distinguir dos tipos de secuencias principales (fig. 3).

CT1: D.al. — D.b.cp. — Dbp — LY.m.

\ M.lm — Bdc

/ B.dc. (D.tp.) \

CT2: D.nb — Db.cp. — D.tp. — M.lm. — LY.m.

La primera de ellas (CT.1) representa el paso de términos intermareales a facies continentales o supramareales de tipo sabkha y es característica de la zona marginal de la cuenca, próxima al Umbral del Tremedal (fig. 4).

La CT.2, presenta una mayor influencia marina, conservándose en muchas ocasiones un término inferior con facies de «lagoon» carbonatado (fig. 3), con dolomías nodulares bioturbadas. Se trata de secuencias de tipo muddy. Por encima aparecen facies de llanura mareal con una tendencia de somerización, pasando de facies intermareales a supramareales y algunas veces de sabkha. Las secuencias de este tipo suelen estar incompletas en la mayor parte de los casos. Son muy frecuentes en el techo de la unidad y, localmente, en la base (Sierra Menera).

INTERPRETACION AMBIENTAL

En la figura 4 se ha representado la distribución general de facies, reflejando la geometría de la cuenca de sedimentación desde la zona de borde (sector Torres de Albarracín-Tramacastilla) y la zona de máximo espesor dentro del sector estudiado, que corresponde al SE de la Sierra de Albarracín (Bezas). La sección representada tiene una dirección aproximada NO-SE.

Como se puede apreciar, la mayor parte de la unidad está formada por asociaciones de facies de tipo MC., que se encuentra organizada en secuencias de tendencia transgresiva como las que hemos indicado anteriormente (MC. 1 y Mc. 2), aunque muy frecuentemente sólo se observan, por faltar los términos inferiores, alternancias de facies margosas y carbonáticas, que reflejan facies submareales con influencia terrígena y el cese de llegada de materiales terrígenos. Estos son más abundantes hacia el O, en la zona próxima al borde, donde se pueden encontrar secuencias de tipo MC.2. Tanto la fracción terrígena de las facies mixtas como las facies terrígenas corresponde posiblemente a aportes del continente producidos de forma intermitente,

que una vez en la cuenca marina se mezcla, en parte, con la sedimentación carbonática autóctona. Esta hipótesis viene apoyada por el hecho de que existe una mayor proporción de facies con influencia terrígena hacia las zonas situadas más próximas al continente y una disminución de éstas a favor de las facies carbonáticas, según nos alejamos de la zona de borde.

La parte superior de la unidad está compuesta, a diferencia del resto, por facies de tipo carbonático y terrígeno, de la asociación CT, sobre todo formando secuencias de tipo CT2, con predominio de las facies de llanura mareal y, hacia el techo, facies terrígenas de tipo continental. Esta misma asociación de facies se encuentra en la zona de borde. Aquí, predominan las secuencias de somerización de tipo CT1, en las que las facies son, en general, más someras y existe una mayor representación de facies de tipo continental. Dentro de éstas se puede encontrar algunos sedimentos evaporíticos.

En resumen, puede decirse que las «Dolomías y Margas de Albarracín» corresponden a un medio marino carbonatado somero, con influencia terrígena. Las facies de «lagoon» o plataforma interna, están muy representadas en la parte inferior, mientras que hacia el techo se encuentran preferentemente las facies de llanura mareal. La gran escasez de fauna; la presencia de abundantes moldes de evaporita y sílice autigénica con inclusiones de anhidrita y la gran abundancia de dolomías con estructura «tepee» y brechas de colapso, en secuencias de somerización de tipo «Carbonatos-evaporitas lavadas por agua dulce», de JAMES (1979), parece indicar un medio de alto «stress», con períodos de hipersalinidad marcada, indicativa de ambientes áridos con alta evaporación (JAMES, 1979) y eventuales aportes de agua dulce con materiales clásticos.

Como puede deducirse de los datos expuestos y de la distribución de facies de las «Dolomías y Margas de Albarracín» la tendencia general es transgresivo-regresiva. La fase regresiva, que comienza a hacerse patente en la parte superior de la unidad, culmina con los materiales evaporíticos y terrígenos de las «Lutitas y Yesos de Albarracín», unidad que aparece entre las «Dolomías y Margas de Albarracín» y la barra carbonática superior.

La segunda fase transgresiva comienza con los sedimentos clásticos y evaporíticos de la parte superior del tramo intermedio. Este hecho también ha sido observado en áreas más orientales (MARZO y CALVET, 1985). El tramo intermedio del Muschelkalk abarca una extensión mayor que la primera barra, ocupando el Umbral del Tremedal y áreas situadas más al O. En estas áreas, en las que el tramo intermedio se apoya directamente sobre el Buntsandstein, se observa una mayor proporción de sedimentos terrígenos y carbonáticos a medida que disminuyen las evaporitas. Estos materiales, que son un cambio lateral de

facies de la parte superior de las «Lutitas y Yesos de Tramacastilla», constituyen la unidad «Limos y Areniscas abigarrados de Torete». La tendencia vertical de esta unidad es claramente transgresiva.

El tránsito a las «Dolomías de Tramacastilla», unidad basal de la barra carbonática superior, es bastante neto y se produce de forma bastante semejante en todo el área estudiada.

DOLOMIAS DE TRAMACASTILLA Y DOLOMIAS, MARGAS Y CALIZAS DE ROYUELA

PRINCIPALES FACIES DE LAS DOLOMIAS DE TRAMACASTILLA

En esta unidad existe un predominio neto de las facies carbonáticas de composición dolomítica. Tan sólo en la base se aprecian pequeños niveles de facies mixtas terrígeno-carbonatadas. Las principales facies se han representado en la figura 5:

1. D.p.g.e.: Dolomías blancas o grises claras con estratificación cruzada de pequeña y gran escala, generalmente en «sets» menores de 20 cm. Los componentes deposicionales consisten en placas de equinodermos, algas verdes, briozoos, intraclastos, oolitos y restos de fauna no determinada.

2. D.p.g.tr.: Dolomías blancas o grises claras con estratificación cruzada de tipo «trough» en «sets» de 10 a 20 cm. Se encuentran en

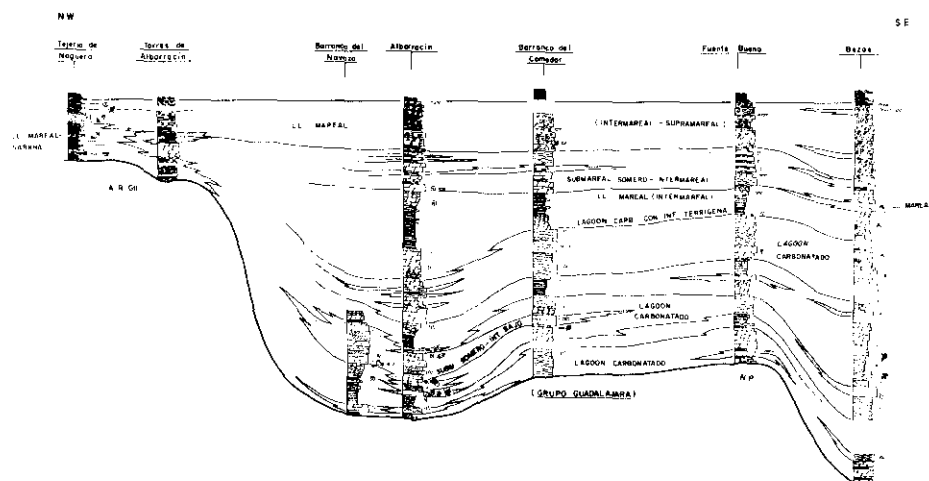


FIG. 5.—Principales facies de las «Dolomías, Margas y Calizas de Royuela». Main facies of the Royuela Dolomites, Marls and Limestones.

«cosets» de hasta 3 m. de espesor. Aunque se puede deducir una textura calcarenítica de estas facies, no pueden apreciarse los componentes deposicionales debido a la fuerte recristalización que presentan. Aparecen en la parte superior de la unidad asociadas a otras facies de textura calcarenítica. Se interpretan como debidas a la migración de «megaripples» de cresta discontinua producidos en canales someros y amplios (ANDERTON, 1976) en aguas poco profundas.

3. D.pg.o.: Dolomías grises oscuras, con textura calcarenítica, con estratificación cruzada de gran escala. Los componentes deposicionales más abundantes son los oolitos, aunque también se observan fragmentos de crinoides y otros restos de fauna. Son característicos de la parte superior de la unidad, estando más desarrolladas hacia el E. Estas facies se pueden interpretar como debidas a la migración de barras oolíticas («shoals») en zonas agitadas, submareales someras.

4. D.pw.: Dolomías ocreas con textura «packstone» o «wackestone», a veces algo arenosas. En ocasiones presenta un cemento silíceo. Los componentes deposicionales más frecuentes, en estas facies, son los bivalvos, gasterópodos, ostrácodos y fantasmas de fauna en general. Se encuentran en la base de la unidad asociadas a niveles margosos.

5. D.br.ds.: Dolomías margosas o grises muy oscuras de aspecto brechoide. Masivas. Generalmente se encuentran muy recristalizadas y es difícil apreciar sus componentes deposicionales. A veces se han podido distinguir fantasmas de algas dasycladáceas. En general, presentan una bioturbación bastante abundante. Se encuentran en cuerpos tabulares de hasta 1 m., pero en ocasiones, tienen mayor espesor (4-8 m.) y una geometría lenticular plano-convexa. Quizás se deban a pequeñas bioconstrucciones, aunque sus organismos constituyentes no puedan ser determinados claramente debido a la dolomitización e intensa recristalización. En ocasiones, estas facies aparecen asociadas a dolomías con estromatolitos de tipo LLH, de pequeño tamaño. Quizás representen unas facies análogas a las descritas por MARTIN y DELGADO (1980), correspondientes a bioconstrucciones de daycladáceas, pero por el momento, no podemos asegurarlo con certeza.

6. D.n.b.: Dolomías grises con estratificación lajoso-nodular. Bioturbación media a abundante. Debido a que se encuentran muy recristalizadas, no se aprecia la textura original. Equivalen a las «Nodular Lime Mudstone» de FREEMAN (1972), quien las interpreta como facies de aguas tranquilas depositadas en zonas deprimidas dentro de un «lagoon».

7. D.al.: Dolomías grises claras con laminación de algas, planas o ligeramente corrugadas. A veces se aprecian estromatolitos de tipo

LLH de pequeño tamaño. Las mallas algares se encuentran generalmente en la zona intermareal baja (HAGAN y LOGAN, 1975), intermareal alta (JAMES, 1979; HAAS y DOBOSI, 1982) y supramareal (HECKEL, 1972). Su posición dentro de la llanura mareal depende, en cierto modo, del clima, encontrándose en zonas áridas, en áreas intermareales y en climas húmedos en partes más altas dentro de la zona supramareal (READ, 1985).

8. D.M.wm.: Dolomías grises claras o rosas, a veces algo arcillosas. Ocasionalmente presentan pequeños «ripples». La única fauna que contienen son braquiópodos lingúlidos.

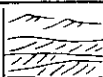


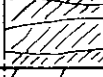
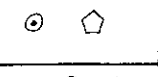
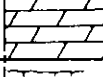
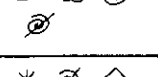

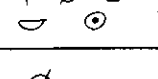

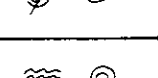



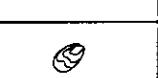


9. M. dn.: Margas dolomíticas o dolomías muy margosas de color ocre o verde. Son masivas o laminadas. Generalmente son azoicas, aunque a veces, se observan braquiópodos de la especie *Lingula tenuissima* BRONN.

PRINCIPALES FACIES DE LAS DOLOMIAS, MARGAS Y CALIZAS DE ROYUELA

Está constituida por facies carbonáticas (dolomíticas y calizas) y mixtas terrígeno-carbonáticas. Las más abundantes son las facies dolomíticas aunque en la parte superior de la unidad, las mixtas llegan casi a ser dominantes. En la figura 6 se han representado las características de las principales facies de esta unidad, las cuales se describen a continuación.

1. B.cn.: Brechas dolomíticas de cantos negros. Aparecen en bancos de poco espesor (10 cm. como máximo), pero bastante continuos. Se sitúan en la parte superior de la unidad, no siendo muy abundantes. Estas facies aparecen tanto en áreas supramareales, como intermareales y submareales (STRASSER, 1984). El color negro se puede deber al contenido alto en materia orgánica como, por ejemplo, algas y otras plantas muertas. La materia orgánica se fija en el sedimento en la zona vadosa o freática y, tras la erosión de estos niveles por olas u otro proceso se formarían los cantos (STRASSER, 1984). Estas facies quizás se formen en charcas o «ponds» de la zona supramareal, siendo removidas posteriormente a áreas más bajas.

2. B.dc.: Brechas dolomíticas blancas, amarillas o rojas en niveles masivos de 0,20 a 3,10 m. Se encuentran en la parte superior de la unidad. Estas brechas, de aspecto caótico, se producen probablemente por colapso al disolverse niveles de evaporitas interestratificados con los niveles dolomíticos (KENDALL, 1969). Son características de la zona supramareal.

FACIES			DESCRIPCION	COLOR	BIOTURBACION	COMPONENTES DEPOSICIONALES	MINERALES ANTIGEN.	INTERPRETACION AMBIENTAL
DOLOMITICAS	Dpg.ec		Dolomías con estratificación cruzada a gran escala	blanco	-		-	INTERMAREAL SUBMAREAL SOMERO
	Dpg.tr		Dolomías con estratificación cruzada "trough"	blanco gris	-	-	-	SUBMAREAL SOMERO
	Dpg.o		Dolomías oolíticas con estratificación cruzada de gran escala	gris	-		▲	SUBMAREAL SOMERO
	Dp.w		Dolomías masivas	ocre claro	-		⊗	INTERMAREAL- SUBMAREAL
	D.b.d		Dolomías brechoides	negro	-		-	SUBMAREAL
	D.n.b		Dolomías nodulosas	gris claro	-		-	SUBMAREAL (LAGOON)
	D.al		Dolomías con laminación de algas	gris	-		-	INTERMAREAL- SUPRAMAREAL
	D.m.w		Dolomías algo arcillosas	gris- rosa	-		-	SUBMAREAL SOMERO- INTERMAREAL
MIXTAS	M.dm		Margas laminadas	ocre o verde	-		-	INTERMAREAL (MUD-FLAT)

3. D.tp.: Dolomías ocreas o amarillas, con estructura «tepee». Se encuentran en la parte media y superior de la unidad, generalmente en niveles de poca potencia asociados a brechas dolomíticas. Estas facies son características de la zona supramareal o intermareal alta (ASSERETO y KENDALL, 1977).

4. D.n.b.: Dolomías grises oscuras con estratificación lajoso-nodular, con bioturbación de media a abundante, de tipo *Rhizocorallium* y tubos horizontales. Tienen una textura de tipo «wackestone» o «packstone-wackestone». Los componentes deposiciones más abundantes son los pelecípodos, gasterópodos, ostrácodos, algas verdes, las placas de equinodermos y, en ocasiones, granos de cuarzo, en general muy poco abundante. La fauna está entera salvo en raras ocasiones. Los pelecípodos se encuentran normalmente con las valvas juntas, presentando rellenos internos de micrita, o con las valvas desarticuladas pero enteras. En ocasiones, la fauna se conserva formando acumulaciones en el techo de los bancos. Se encuentran preferentemente en la base de la unidad en niveles de pocos decímetros a 10 m. Estas facies, que representan una condiciones tranquilas, corresponden a sedimentos de «lagoon» o de plataforma interna protegida, de aguas somereas, como lo indica la presencia de *Rhizocorallium* (GADZICKI y TRAMMER, 1978).

5. D.al.: Dolomías blancas u ocreas claras, con algas laminares o laminaciones criptalgares. A veces se observa porosidad fenestral, aunque suele no conservarse. También presenta, ocasionalmente, moldes de evaporitas. En el techo de algunos bancos se pueden encontrar brechas de cantos planos con láminas de algas, debido probablemente a una desecación de las algas y fracturación en polígonos. Estas facies son de colores muy claros, lo que indica un grado alto de oxidación. Son características de medios supamareales (SHINN et al., 1969), aunque también pueden formarse en medios intermareales, donde se forman sulfatos autigénicos en ambientes de salinidad fluctuante (JAMES, 1979). Este hecho vendría marcado por la presencia de moldes de evaporitas, como sucede en estas facies.

6. C.p.: «Calizas negras. Biomicritas o biopelmicritas «packstone» o «wackestone-packstone», de bivalvos, gasterópodos, braquiópodos lingúlidos, placas de equinodermos, ostrácodos, restos de vertebrados silicificados, foraminíferos bentónicos y pellets. La fauna se encuentra generalmente entera. Los bivalvos presentan las valvas desarticuladas, pero sin fragmentar, en un porcentaje bastante elevado. A veces las valvas se conservan juntas. Algunas están perforadas. La bioturbación puede llegar a ser abundante. Es característica la bioturbación de tipo *Rhizocorallium*. En cuanto a la estructura, es frecuentemente masiva,

aunque pueden tener «ripples» o laminación paralela. A veces presentan granoselección positiva. Quizás estas estructuras se deban a momentos de alta energía, que provocan el transporte de los restos orgánicos existentes, de forma análoga a la que señala GANDIN (1978) en facies muy semejantes, del Muschelkalk de Cerdeña.

7. C.wp.: Calizas negras. Biomicritas o biopelmicritas «wackestone» o «wackestone-pakstone» de gasterópodos, bivalvos, ostrácodos, foraminíferos, algunas placas de equinodermos y peloides. La fauna se conserva entera, siendo frecuente que se encuentren las valvas juntas y presenten rellenos internos. Algunos niveles tienen foraminíferos (*Fronicularia woodwardi*, *Nodosaria ordinata* y *Palaeonubecularia minuta*). La bioturbación es de media a abundante, y a veces da un aspecto noduloso en estos sedimentos. Es frecuente la bioturbación de tipo *Rhizocorallium* y los tubos rectos horizontales o inclinados. Se encuentran en bancos masivos. En algunas ocasiones presentan cuarzo idiomorfo, de origen autigénico y moldes de sulfatos.

Estas facies, junto con las anteriores, son muy semejantes a las calizas negras bioturbadas que describen DAMIANI y GANDIN (1973) y GANDIN (1978) en el Triásico medio de Cerdeña. Estos autores las interpretan como sedimentos submareales tranquilos, aislados del mar abierto, de ambiente hipersalino, lo que podría venir confirmado por la presencia de moldes de evaporitas en algunos niveles de estas facies.

8. D.M.nb.: Dolomías margosas y margas dolomíticas con estratificación lajoso-ondular y bioturbación abundante, sobre todo horizontal y de tipo *Rhizocorallium*. La fauna es escasa y consiste en pecicípodos y braquiópodos lingúlidos. A veces se observan concentraciones de pellets.

9. M.D.: Margas dolomíticas verdes, ocreas o negras, masivas o laminadas. Normalmente son azoicas pero a veces se puede encontrar una fauna escasa compuesta por ostrácodos, braquiópodos lingúlidos y pecicípodos. Presentan además pellets y restos vegetales macerados. Algunas veces se pueden encontrar grietas de desecación en el techo. Aparecen en niveles de unos pocos centímetros a 7 m. Probablemente se trate de sedimentos submareales someros e intermareales bajos.

ASOCIACION DE FACIES Y SECUENCIAS DE LAS «DOLOMIAS DE TRAMACASTILLA» Y «DOLOMIAS, MARGAS Y CALIZAS DE ROYUELA»

Aunque la distribución general de las diferentes facies establecidas en estas dos unidades muestra claramente la disposición de los sub-

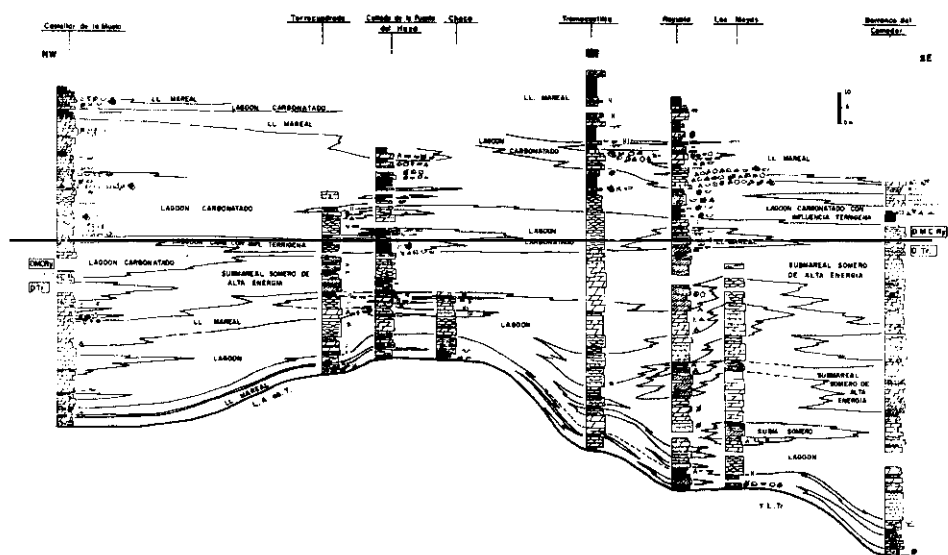


FIG. 8.—Distribución de los ambientes sedimentarios y de las «Dolomías de Tramacastilla» y «Dolomías, Margas y Calizas de Royuela» en la Sierra de Caldereros, Macizo del Nevero, Macizo del Tremedal y Sierra Gea.

Sedimentary environments of the Tramacastilla Dolomites and Royuela Dolomites, Marls and Limestones in the Sierra de Caldereros, Nevero Massif, Tremedal Massif and Sierra Gea.

arrolladas, sobre todo en la mitad superior. En esta zona se pueden apreciar algunas secuencias de somerización de tipo «grainy», semejantes a las que describe JAMES (1979). Estas secuencias (DD2, fig. 6) en las que sólo intervienen facies de composición actualmente dolomítica, presentan un término submareal de alta energía muy desarrollado con facies Dpg.o. y Dpg.ec., a veces apoyado sobre facies submareales de baja energía (D.n.b.). Por encima, aparecen facies de tipo D.al. y B.cn. Esta secuencia representa el paso de facies de plataforma interna o «lagoon» a «shoals» oolíticos y por último a facies de llanura mareal desarrolladas probablemente en la parte interna de éstas, debido a una somerización del área de sedimentación.

Las facies carbonáticas detríticas, de textura calcarenítica, ocupan una amplia extensión en la horizontal (fig. 8), en el techo de la unidad. Estas facies marcan probablemente un rápido avance de las facies de «shoals» y mantos calcareníticos, oolíticos (D.pg.o.) y bioclásticos (D.pg.e.) hacia la costa.

El paso a las «Dolomías, margas y calizas de Royuela» es muy neto. Sólo hacia el O (Castellar de la Muela) aparece una zona de transición muy pequeña, con facies características de las dos unidades.

Las «Dolomías, Margas y Calizas de Royuela» comienzan en toda la zona estudiada por facies submareales de baja energía, carbonáticas (D.n.b.) o mixtas terrígeno-carbonáticas (D.M.n.b.). Estas últimas son más abundantes hacia el E (fig. 8), y parecen indicar un aporte de terrígenos del continente, como señalan CAPOTE *et al.* (1982) en estas facies.

La parte media y superior de esta unidad muestra un complejo mosaico de submedios, entre los que podemos destacar facies de lagoon carbonatado, dolomíticas o calizas, de lagoon carbonatado con influencia terrígena y de llanura mareal, carbonatada y mixta. Estas facies presentan unas relaciones complejas y muy variables de unas zonas a otras. Por ejemplo, en el sector Tramacastilla-Royuela prevalecen las facies mixtas, que aparecen junto con facies de tipo Cp y Cpw en asociaciones de facies de tipo mixto. En éstas se pueden apreciar secuencias de somerización de tipo «muddy» con paso de facies submareales (Cpw, Cp), que presentan fauna y bioturbación abundantes, a facies de dolomías arcillosas y margas con grietas de desecación, de la zona intermareal (CM, fig. 7). Hacia el techo, dentro de este sector, las facies calcáreas desaparecen y los términos submareales están mucho menos desarrollados. Aunque se observa una tendencia general hacia facies cada vez más someras, no se encuentran, por regla general, secuencias de somerización completas, sino más bien alternancias de facies dolomíticas y mixtas (DM 2, fig. 7), que pasan desde la zona submareal a la zona supramareal. Sin embargo, en el O todavía existen facies de calizas con fauna en el techo, asociadas a facies dolomíticas, de aguas muy someras, generalmente de llanura mareal formando secuencias de tipo «muddy» (CD, fig. 7). Las secuencias presentan progresivamente términos cada vez más someros hacia el techo de la unidad, hasta pasar a facies de tipo continental.

INTERPRETACION AMBIENTAL DE LAS «DOLOMIAS DE TRAMACASTILLA» Y «DOLOMIAS, MARGAS Y CALIZAS DE ROYUELA»

La unidad «Dolomías de Tramacastilla» corresponde a un medio de plataforma interna o «lagoon» carbonatado protegido hacia la parte externa por cuerpos calcareníticos y limitado hacia el continente por llanuras de marea. La distribución de las facies de llanuras mareales parece ser bastante irregular, situándose en zonas elevadas asociadas zonas «shoals» emergidos y en adosadas al área continental, bordeado el «lagoon». Una disposición semejante de las facies mareales es la descrita por ZANKL (1971) en el Muschelkalk de los Alpes Austríacos. Las facies de «lagoon» o plataforma interna están representadas en su

mayor parte por dolomías nodulosas, con *Rhizocorallium* y bioturbación horizontal abundante. Estas facies son semejantes a las facies de dolomías nodulosas que describe BAUD (1976) en el Triásico de los Alpes, quien las interpreta como propias de un medio confinado (vs. abierto). FREEMAN (1972) denomina a estas facies «mudstone nodulares», dándoles un origen submareal protegido. Además, la presencia de *Rhizocorallium* en estas facies indica que se puede tratar de un medio muy somero, aunque sumergido permanentemente (GAZD-ZICKI y TRAMMER, 1978), de tipo «shallow subtidal», situado por debajo del nivel de base del oleaje y corrientes de tormenta, en ambientes de «lagoon» (CHAMBERLAIN, 1978) o zonas circumlitorales de transición a la parte externa. Además de estas facies también aparecen dolomías en bancos tabulares o lenticulares de facies D.br.ds., que podrían corresponder a bioconstrucciones de algas dasycladáceas.

Las facies más externas están representadas aquí por dolomías con textura calcarenítica, bioclásticas u oolíticas con estratificación cruzada, de pequeña y gran escala. Estas facies están más desarrolladas hacia el E, aunque se encuentran en la parte superior de la unidad en una extensa zona (fig. 7). Esta distribución parece indicar una rápida progradación de los «shoals» de las partes más exteriores hacia la costa, en un momento que marcaría la máxima transgresión dentro del Muschelkalk, en este área.

La sedimentación de las «Dolomías, Margas y Calizas de Royuela» refleja, de nuevo, condiciones tranquilas, de medios protegidos, con facies de «lagoon» en la parte inferior. Dentro de las facies de «lagoon», que tienen características muy variadas, cabe destacar la presencia de facies carbonáticas y facies de litología mixta, que indican la llegada de aportes terrígenos a la cuenca de sedimentación. Conviene destacar que esta influencia terrígena es más acusada hacia el E (fig. 8). También se observa un mayor desarrollo de las facies de llanura mareal en el mismo sentido, lo que parece indicar que las directrices paleogeográficas principales de esta unidad no coinciden con las de la anterior, que presentaba mayor influencia marina hacia el E.

En la parte superior de las «Dolomías, Margas y Calizas de Royuela» predominan las facies de llanura mareal, que se encuentran formando sucesivas secuencias de somerización cada vez con mayor influencia terrígena. Esta unidad presenta, por tanto, una tendencia regresiva general en la vertical.

En cuanto a la salinidad del medio de sedimentación, en ambas unidades, la presencia de facies intermareales con autigénesis de evaporitas, facies inter-supramareales con estructura «tepee» y brechas de colapso, así como la escasa presencia de fauna, parece indicar un ambiente con tendencia a la hipersalinidad, que hacia el continente desarrolla facies de sabkha costera. Sin embargo, la presencia de nive-

les calizos con una relativa diversidad de fauna, con diversas especies de bivalvos y foraminíferos bentónicos en la parte media-superior de las «Dolomías, Margas y Calizas de Royuela» podría representar períodos de salinidad más baja, tendente a normal, como señala MARQUEZ (1983).

Por último, el paso al Keuper no se observa bien, ya que el contacto entre ambos conjuntos de facies suele estar mecanizado. Tan sólo al O (Rillo de Gallo) se puede observar bien este tránsito, que en este punto es gradual aunque bastante rápido.

BIBLIOGRAFIA

- ANDERTON, R. (1976): «Tidal-Shelf sedimentation: an example from the Scottish Dalradian». *Sedimentology*, 23, pp. 429-458.
- ASSERETO, R. L., y KENDALL, C. G. ST. C. (1971): «Megapolygons in Ladinian limestones of Triassic of Southern Alps: evidence of deformation by penecontemporaneous dessication and cementation». *J. Sed. Petrol.*, 41, pp. 715-723.
- ASSERETO, R. L., y KENDALL, C. G. ST. C. (1977): «Nature, origin and classification of peritidal tepee structures and related breccias». *Sedimentology*, 24, pp. 153-210.
- BAUD, A. (1976): «Les terriers de crustacés décapodes et l'origine de certaines facies du Trias carbonaté». *Eglogae Geol. Helv.*, 69, pp. 415-424.
- CAPOTE, R.; DÍAZ, M.; GABALDÓN, V.; GÓMEZ, J.; SÁNCHEZ DE LA TORRE, L.; RUIZ, P.; ROSELL, J.; SOPEÑA, A.; YÉBENES, A. (1982): «Evolución sedimentológica y tectónica del ciclo alpino en el tercio Noroccidental de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica». *Temas Geológico Mineros*, 5 (IGME), 289 pp.
- CHAMBERLAIN, C. K. (1978): «Recognition of trace fossils in cores». In: *Trace Fossil Concepts. SEPM Short Course*, 5, pp. 119-166.
- DAMIANI, A. V., y GANDIN, A. (1973): «Il Muschelkalk della Sardegna Centro Meridionale». *Bolletino del Servizio Geologico d'Italia*, 94, pp. 81-116.
- FREEMAN, T. (1972): «Sedimentology and dolomitization of Muschelkalk Carbonates (Triassic), Iberian Range, Spain». *Am. Ass. Petrol. Geologist. Bull.*, 56, pp. 434-453.
- GANDIN, A. (1978). «Il Trias medio di Punta del Lavatoio (Alghero-Sardegna NW)». *Mem. Soc. Geol. It.*, 18, pp. 3-13.
- GAZDZICKI, A., y TRAMMER, J. (1978): «Tidal deposits in the Lower Triassic of Svalbard». *N. Jb. Geol. Palaont. Mh.*, 6, pp. 321-331.
- HAAS, J., y DOBOSI, K. (1982): «Felső-Triász ciklusos karbonátos kőzetek vizsgálata bakonyi alapsszelvényeken». *M. Al. Foldt. Int. Evi. Jel. 1980 Ról.*, pp. 135-168.
- HAGAN, G. M., y LOGAN, B. W. (1975): «Prograding Tidal-Flat sequences: Hutchison Embayment, Shark Bay, Western Australia». In: *Tidal Deposits*, R. N. Ginsburg Ed., Springer-Verlag, New York, pp. 215-222.
- HECKEL, P. H. (1972): «Recognition of ancient shallow marine environments». In: *Recognition of ancient sedimentary environments*. J. K. Rigby and W. K. Hamblin Eds. *Soc. Econ. Paleontol. Mineral., Spec. Publ.*, 16, pp. 226-286.
- HINKELBEIN, K. (1965): «Der Muschelkalk der zentralen Hesperischen Ketten (Prov. Teruel, Spanien)». *Oberrhein. Geol. Abh.*, 14, pp. 55-95.
- JAMES, N. P. (1979): «Shallowing upward sequences in carbonates». In: *Facies Models*. Ed. by R. G. Walker, *Geoscience Canada. Reprint series*, 1, pp. 109-119.

- KENDALL, G. C. ST. C. (1969): «An environmental re-interpretation of the Permian evaporite, carbonate shelf sediments of the Guadalupe Mountain». *Bull. Geol. Soc. Am.*, 80, pp. 2503-2526.
- MÁRQUEZ Y ALIAGA, A. (1983): «Bivalvos del Triásico medio del sector meridional de la Cordillera Ibérica y de los Catalánides». Tesis Doctoral de la Universidad Complutense de Madrid, 429 pp.
- MARTÍN, J. M., y DELGADO, F. (1980): «Biostromes of Dasycladacean algae and stromatolites : a peculiar interbedding». *Sedimentary Geology*, 25, pp. 117-126.
- MARZO, M., y CALVET, F. (1985): «Triásico de los Catalánides». *Guía de la Excursión del II Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Pérmico y Triásico de España*, La Seu d'Urgell, 175 pp.
- PÉREZ ARLUCEA, M., y SOPENA, A. (1985): «Estratigrafía del Pérmico y Triásico en el sector central de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (provincias de Guadalajara y Teruel)». *Estudios Geol.*, 41, pp. 207-222.
- READ, J. F. (1985): «Carbonate platforms facies models». *Amer. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, 69, pp. 1-21.
- SALLER, A. H., y DICKINSON, W. R. (1982): «Alluvial to marine transition in the antler overlap sequence, Pennsylvanian and Permian of North-Central Nevada». *J. Sediment. Petrol.*, 52 (3), pp. 925-940.
- SHINN, E. A.; LLOYD, R. M., y GINSBURG, R. N. (1969): «Anatomy of a modern carbonate tidal-flat, Andros Island, Bahamas». *Journal of Sedimentary Petrology*, 39, 3, pp. 1202-1228.
- STRASSER, A. (1984): «Black-Pebble Occurrence and Genesis in Holocene Carbonate Sediments (Florida Keys, Bahamas, and Tunisia)». *Journal of Sedimentary Petrology*, 54, pp. 1097-1109.
- ZANKL, H. (1971): «Upper Triassic Carbonate Facies in the Northern Limestone Alps». In: *Sedimentology of parts of Central Europe*. Guidebook, VIII Int. Sediment. Congress, pp. 147-185.